



III-214 - TRATAMENTO DO LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO POR EVAPORAÇÃO – AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO ABERTO

Lidiane Freire de Sá

Possui graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará (2005), mestrado em engenharia civil pela UFPE, na área de geotecnia ambiental. Atualmente é consultora da SECTMA (secretaria estadual de ciência, tecnologia e meio ambiente de Pernambuco), atuando principalmente no seguinte tema: Resíduos Sólidos.

Jose Fernando Thomé Jucá

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (1977), mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1981) e Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid (1990). No período de 1995 a 1998 foi o Presidente do Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco. Posteriormente coordenou o Grupo de Resíduos Sólidos Urbanos da Universidade Federal de Pernambuco, onde desenvolveu vários projetos de pesquisa financiados pelo PRONEX/CNPq, CT-ENERG /FINEP, P&D CHESF/ANEEL PROSAB/FINEP, nas áreas de biogás e geotecnia ambiental. Atualmente é Diretor do CETENE-Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, vinculado ao Instituto Nacional de Tecnologia e ao Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil, atuando nas áreas de biotecnologia e nanotecnologia. É Professor Associado 1 da Universidade Federal de Pernambuco, Pesquisador 1 do CNPq. Publicou 140 artigos entre periódicos especializados e trabalhos completos em congressos nacionais e internacionais, 3 livros editados e 5 capítulos de livros. Pertence ao Comitê Editorial da Revista Portuguesa Geotecnia, além de ser revisor das revistas Solos e Rochas (Brasil), Resíduos (Espanha), Engenharia Sanitária e Ambiental (Brasil), Waste Management & Research (Austrália).

Maurício da Motta⁽¹⁾

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco (1992), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (1995) e doutorado em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (2001). Atualmente é professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Pesquisador 2 do CNPq. Revisor das revistas Water Research, Journal of Chemometrics e Bioprocess and Biosystems Engineering, Brazilian Journal of Chemical Engineering e Ambiente e Água entre outras.. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Tratamento de Água e de Efluentes, atuando principalmente nos seguintes temas: tratamento de efluentes, análise de imagem, adsorção, lodo ativado e resíduos sólidos. Publicou 26 artigos completos em revistas, 119 comunicações completas e 36 resumidas em eventos nacionais e internacionais e 5 capítulos de livros.

Endereço⁽¹⁾: UFPE – Departamento de Engenharia Química – Rua Professor Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE – CEP: 50.740-521 – Brasil – Tel.: (81) 2126-7268 – Fax (81) 21267278 – e-mail: mottas@ufpe.br.

RESUMO

O descarte do lixiviado gerado nas áreas de disposição de resíduos sólidos representa um dos vários fatores de risco para o meio ambiente, em especial a qualidade de água dos corpos hídricos, pois apresenta altas concentrações de matéria orgânica, bem como quantidade consideráveis de metais pesados. Em geral, o lixiviado possui uma DBO que equivale cerca de 200 vezes o esgoto doméstico, tornando-se necessário prever um sistema de tratamento de forma a conseguir uma descarga de carga orgânica aceitável pela legislação compatível com a classe do corpo d'água receptor. O lixiviado estudado foi da Estação de Tratamento de Chorume (ETC) do Aterro da Muribeca (PE), o qual recebe os resíduos das cidades de Recife e Jaboatão dos Guararapes. O objetivo deste trabalho é construir, desenvolver, avaliar e otimizar um sistema de evaporação natural do lixiviado, com intuito de diminuir as cargas orgânicas. Os parâmetros físico-químicos estudados foram: Cor, Turbidez, Condutividade, pH, Sólidos Totais, Amônia, DBO₅, DQO e Metais; Os parâmetros microbiológicos: Coliforme Total e Termotolerante. Realizados no lixiviado e na água destilada (água produto). Estudou-se também a influência da radiação solar, influência da temperatura e influência pluviométrica no evaporador. O estudo foi dividido em seis fases fechadas e duas fases abertas. A radiação solar que influencia na evaporação do lixiviado também influencia na produção da água destilada, a cada queda da radiação solar, ocorre também à queda no volume da água destilada. E quando ocorre uma grande precipitação a radiação solar diminui. Por sua vez, a produção de água depende da temperatura ambiente e



principalmente da radiação solar. Com base nos resultados obtidos, observou-se que o tratamento utilizado através da evaporação solar natural, ou seja, utilizando o sol como fonte de energia, a maioria das análises ficou de acordo com os padrões de lançamento do CONAMA.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Evaporação, Radiação Solar.

INTRODUÇÃO

Segundo SEGATO et al. (2000), o percolato é formado pela digestão de matéria orgânica sólida, por ação de exo-enzimas produzidas por bactérias. A função dessas enzimas é solubilizar a matéria orgânica para que possa ser assimilada pelas células bacterianas. A umidade tem grande influência na formação do lixiviado já que um elevado teor de umidade favorece a decomposição anaeróbia. A produção de lixiviado depende das condições peculiares de cada caso, principalmente da topografia, geologia, regime e intensidade das chuvas.

Segundo LECKIE et al. (1979) apud ROCHA (2005), alguns fatores são relevantes para geração do percolato como: precipitação anual (intensidade, duração e frequência); escoamento superficial (topografia, camada de cobertura, vegetação, permeabilidade); infiltração, evaporação, transpiração, temperatura ambiente, umidade inicial, composição e densidade do resíduo, e a profundidade do aterro.

A composição do lixiviado varia em função do tipo de solo utilizado como cobertura dos resíduos, do tipo de lixo depositado, das condições climáticas, da época do ano e da hidrogeologia e da idade do aterro. Lixiviados de aterros antigos são caracterizados por possuírem uma grande quantidade de moléculas orgânicas persistentes, altos índices de Demanda Química de Oxigênio (DQO), amônia e alcalinidade e baixas biodegradabilidade e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (MORAES, 2004).

Autores como TCHOBANOGLIOUS et al. (1993) e EHRIG (1989) apud LINS (2003), mostram que, o percolato de um aterro varia entre as fases de degradação e as diferenças de idades. Abaixo, se exemplifica, na Tabela 1, as concentrações típicas presentes no percolato com diferentes idades.

Tabela 1 - Dados típicos da composição do lixiviado para aterros novos e antigos.

Características	Valores (mg/L)	
	Aterros Novos (menos 2 anos)	Aterros Antigos (mais de 10 anos)
DBO5	2.000-30.000	100-200
DQO	3.000-60.000	80-160
Sólidos Suspensos Totais	200-2.000	100-400
Nitrogênio orgânico	10-800	80-120
Nitrogênio amoniacal	10-800	20-40
Nitrato	5-40	5-10
Fósforo Total	5-100	5-10
Alcalinidade (CaCO ₃)	1.000-10.000	200-1.000
pH	4,5-7,5	6,6-7,5
Alcalinidade como CaCO ₃	1.000-10.000	200-1.000
COT (carbono orgânico total)	1.500-20.000	80-160
Dureza total como CaCO ₃	300-10.000	200-500

Fonte: Adaptação de TCHOBANOGLIOUS et al. (1993) apud HAMADA (1997).

De acordo com RUSSO e VIEIRA (2000), os métodos de tratamento dos percolados conduzem a dividir os processos em três grandes grupos, ou seja: nos processos do primeiro grupo aparecem as combinações de processos de separação com processos de eliminação baseados em tratamentos biológicos com etapas posteriores de eliminação e/ou separação de componentes não biodegradáveis; no segundo grupo encontram-se os processos de separação físicos, físico-químicos e térmicos, cujos produtos finais são resíduos secos, com concentrações superiores a 90% de sólidos e de um líquido que contém nitrogênio amoniacal, sulfato de amônio, fosfato de amônio. Um terceiro grupo é constituído por combinações de métodos de recirculação dos percolados e dos concentrados provenientes de processos de separação.



A fim de obter um lixiviado de baixas concentrações, reduzindo principalmente amônia e DQO, o tratamento de lixiviado por processos de evaporação se apresenta como uma nova tecnologia de baixo custo (ETALLA, 1998). Teoricamente, a destilação é capaz de remover toda matéria não volátil, porém gases dissolvidos tais como dióxido de carbono e amônia podem estar presentes no destilado (MARCELO 1996, apud BEZERRA, 2004).

A destilação solar utiliza a energia solar diretamente, em um sistema extremamente simples: o processo natural de purificação de água, por meio de evaporação, condensação e precipitação, é reproduzido em pequena escala.

A luz do sol ao chegar a um Destilador solar, tem a forma espalhada, ou seja, essa energia depende de vários fatores climatológicos da área, onde se incluem as horas do dia, a estação do ano, a latitude do local e se o céu está limpo ou nublado (LOPES, 2004). O destilador deve ter um grande comprimento no sentido leste-oeste, com o objetivo de maximizar o ganho solar.

De acordo com BEZERRA et al., (2005), o índice de radiação da energia solar no nordeste brasileiro, particularmente no Estado da Paraíba, é de 5,2kW/m².dia (valor sem considerar as perdas térmicas), sendo Natal a cidade onde o índice de radiação solar é o maior do país, logo, é evidente a potencialidade dessa fonte energética. Observe a Figura 2 que mostra a distribuição anual da radiação solar no Brasil.

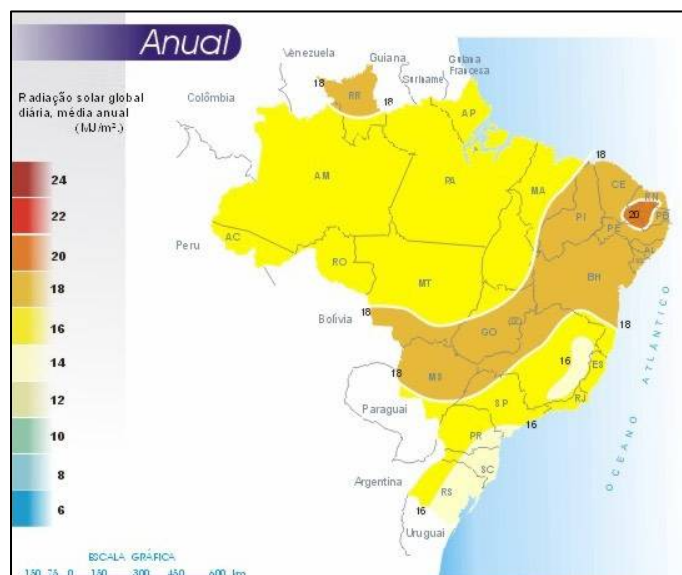


Figura 2 - Distribuição anual da radiação solar no Brasil
(Fonte: Atlas Solarimetro do Brasil – CD Room)

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é estudar a evaporação do lixiviado através de um destilador solar, que servirá como uma nova alternativa para diminuição das cargas orgânicas e a concentração das substâncias contidas no mesmo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Unidade Piloto

O evaporador que funciona como um destilador solar (Figura 3) foi construído com as seguintes características: o tanque raso que é a base do destilador foi confeccionado de aço galvanizado, onde possui uma cobertura de vidro, que é inclinada até as bordas ao centro para que o líquido se condense na superfície interior e escoe por gravidade até a canaleta.

O estudo foi dividido em duas fases: Na primeira decidiu-se por operar o sistema fechado (com o telhado de vidro) para que fosse realizado um balanço de massa no sistema e que se pudesse avaliar os gases emitidos que estariam dissolvidos na água condensada que é coletada diariamente para análise (única saída do sistema)

e na segunda com o sistema aberto para a atmosfera. Neste trabalho serão apresentados apenas os resultados do sistema aberto.



Figura 3 – Visão frontal do destilador e dos dispositivos de coleta (a) e Vista das calhas onde é feita a coleta da água destilada (b)

Local de Estudo

A pesquisa foi realizada inicialmente na Estação de Tratamento de Chorume (ETC) do Aterro da Muribeca, localizada na região metropolitana de Recife (PE). Devido à dificuldade de acesso para um monitoramento diária, a unidade piloto foi transferida para a área de testes do grupo de energia solar (FAE) da UFPE, situada dentro do campus (Figura 4).



Figura 4 – Foto do evaporador instalado na área de testes do grupo FAE/DEN/UFPE.

Coleta do Lixiviado

Para o preenchimento do evaporador nas Fases foi coletado lixiviado na saída da lagoa de decantação da estação de tratamento de chorume da Muribeca (Figura 5).



Figura 5 -Local onde é retirado o Lixiviado Bruto (lagoa de Decantação)



Métodos Analíticos

Foi realizado o monitoramento da operação do destilador para determinação de sua eficiência na remoção de contaminantes. Foi incorporado ao monitoramento físico-químico (apresentados na Tabela 2), a radiação solar direta, difusa e total, fornecida pelo grupo de Energia Solar da UFPE e dados de temperatura e evaporação (este último fornecido pelo grupo de Recursos Hídricos da UFPE).

Tabela 2 - Parâmetros utilizados na caracterização do lixiviado, líquido destilado e no lodo.

Parâmetro	Método Analítico
Físico-químico	
Demanda Química de Oxigênio (DQO):	O método utilizado para determinação deste parâmetro foi da digestão por K ₂ Cr ₂ O ₇ em refluxo fechado, e a unidade deste é mg O ₂ /L;
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	Foi determinada pelo método Winkler com modificação ácida a unidade também é mg O ₂ /L ;
pH	Método titulométrico com ácido sulfúrico como solução titulante e fenolftaleína
Cor	Espectrofotômetro
Turbidez	Turbidímetro
Sólidos totais (ST)	Estufa, chapa quente e cápsulas de porcelana
Condutividade	Colorimétrico
Metais (Cromo, Chumbo, Manganês e Ferro)	Espectroscopia de Absorção Atômica
Nitrogênio amoniacal	Método eletrométrico
Microbiológico	
Coliforme Total (NPJM/100ml)	Tubos Múltiplos
Coliforme Fecal (NPJM/100ml)	Tubos Múltiplos

Todos os métodos analíticos seguiram indicações de APHA *et al.* (1995)

RESULTADOS

Houve a necessidade de estudar o evaporador aberto de modo a conferir a taxa de evaporação do lixiviado, ou seja, em quanto tempo o lixiviado evapora-se com o sistema aberto e comparar com o sistema fechado, e também acompanhar quais são os gases liberados pelo o lixiviado durante sua evaporação.

1º Experimento

O primeiro experimento iniciou-se 16 de outubro de 2007 tendo duração apenas de quatro dias, sendo utilizado 45L de lixiviador. Na Figura 6 mostra o comportamento do balanço hídrico (resulta na quantidade de água que entra e na quantidade de água que sai) e da precipitação em função do tempo. Para realização do balanço hídrico, mediu-se diariamente a variação do volume do líquido no evaporador, através da média de cinco medidas de altura do volume do lixiviado (uma em cada extremidade e uma no centro). Pode-se constatar que a precipitação ocorreu só no terceiro dia à noite e com pouca intensidade. Desta forma não foi possível verificar o aumento do volume, uma vez que logo pela manhã já se iniciava a evaporação do lixiviado e a aferição do volume só foi realizada às 12h.

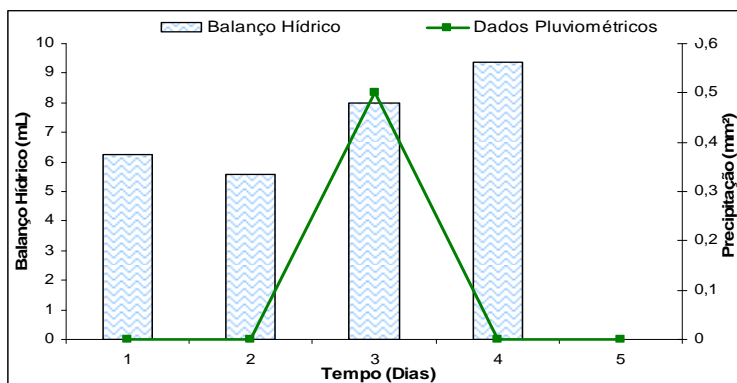


Figura 6 - Comportamento da Precipitação e Balanço Hídrico para um volume de 45L

No quarto dia a taxa de evaporação foi maior, mesmo com radiação solar menor que no 1º e 3º dias (Figura 7). O motivo foi que o volume do lixiviado já se encontrava pouco, então com isso a chapa de aço aqueceu mais rápida, evaporando todo o lixiviado restante.

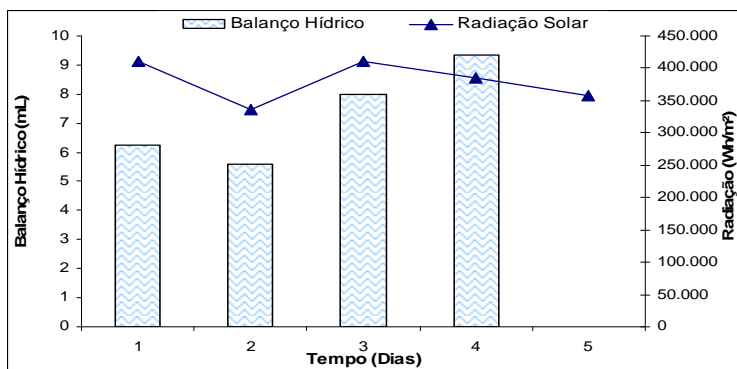


Figura 7 - Comportamento do Balanço Hídrico e da radiação para um volume de 45L

2º Experimento

Para o segundo experimento foi usado 400L de lixiviado, dando início 21 de janeiro de 2008 e finalizando-se 13 de fevereiro de 2008, tendo duração de 24 dias. Este volume maior teve como finalidade obter mais dados de taxa de evaporação diária com o sistema aberto.

Observa-se, na Figura 8, que ocorreram três dias de intensa precipitação. Dentro deste período houve dias (9 e 11) nos quais o valor da curva do balanço hídrico deu negativa. Isso ocorreu porque o volume de chuva foi maior que a taxa de evaporação. Porém no 14º dia pode-se observar que houve precipitação e que o balanço deu positivo. Isto permite interpretar que foi uma chuva rápida e localizada em parte do dia e que no restante houve uma incidência solar muito forte, aumentando bastante a evaporação, como pode ser observado na Figura 9.

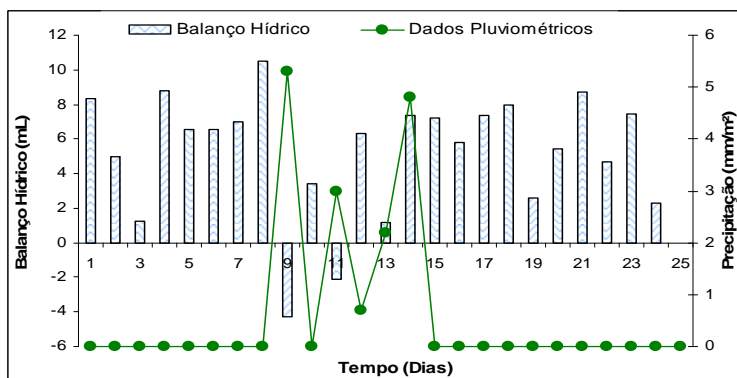


Figura 8 - Comportamento da Precipitação e Balanço Hídrico para um volume de 400L



Analizando-se ainda este dia (14º), pode-se constatar, analisando-se a Figura 9, que a radiação solar desse dia foi forte mesmo com as chuvas, reforçando assim a conclusão anterior sobre este dia.

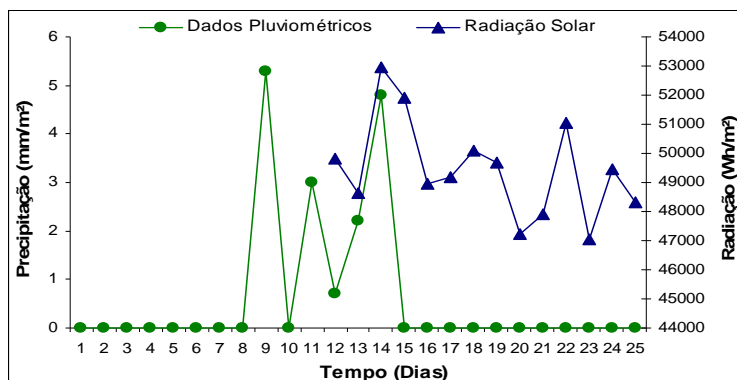


Figura 9 - Comportamento da Precipitação e da Radiação Solar para um volume de 400L

É importante ressaltar que nos primeiros dias deste experimento não houve medição da radiação solar, devido a problemas técnicos com o actinômetro. O monitoramento dos gases será apresentado na versão final do trabalho.

CONCLUSÕES

Mostra-se a contribuição relativamente simples do destilador solar, utilizando a energia solar como fonte primária para remoção de poluentes contidos no lixiviado de aterros sanitários.

Os resultados da pesquisa mostraram que o evaporador solar pode ser usado como meio de tratamento de água contaminadas por microrganismos. Os resultados obtidos de remoção já dão uma idéia da eficiência da destilação solar na eliminação dos microrganismos.

O Evaporador Solar têm uma grande possibilidade de solucionar problemas em pequena escala de tratamento do lixiviado de aterros sanitários, contanto que as condições necessárias para a escolha dessa tecnologia se façam presentes, quais seja escolha de um local dotado de altos índices de insolação, baixo índice pluviométrico e impossibilidade física ou econômica de se utilizar outras fontes energéticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AWWA – WEF (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition. American Public Health association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
2. BEZERRA M. A.S., MELO, J.L.S., MELO, H.N.S., JUCÁ, T.D.A. Estudo das taxas de evaporação em destilador solar duas águas com inclinação de 20° e 45°. XXI Congresso Interamericano Ingeniería Química. Lima. Peru, 2005.
3. BEZERRA, M. A. S., (2004), Desenvolvimento de um destilador solar para tratamento de águas de produção de petróleo com vistas a sua utilização na agricultura e geração de vapor, UFRN – Dissertação.
4. ETTALA, M. (April 1998), Full-Scale Leachate Treatment Using New Evaporation Technology. Pract. Periodical of Haz., Toxic, and Radioactive Waste Mgmt., Volume 2, Issue 2, pp. 86-87
5. HAMADA J., Estimativas de Caracterização do Lixiviado em Aterros Sanitários - XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu - PR, Anais - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD rom, 1997.
6. LINS, E., A utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro da Muribeca (PE). Recife. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pernambuco, 2003.
7. LOPES, J.T., Dimensionamento e Análise Térmica de um Dessalinizador Solar Hídrico. Campinas – SP. Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual de Campinas, 2004.



8. MORAES, P. B., Tratamento de Lixiviado Proveniente de Aterro Sanitário através de Eletrólise assistida por Fotocatálise. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 118p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) 2004.
9. ROCHA, R., Desempenho de um Sistema de Lagoas de Estabilização na Redução da Carga Orgânica do Percolado Gerado no Aterro da Muribeca (PE). Recife, 149 fls. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pernambuco, 2005.
10. RUSSO, T.; VIEIRA, J. M. P., Estudos sobre tratamento de lixiviados de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. In: IX SILUBESA - Simpósio Lusobrasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro-Ba. 9 a 14 de abril 2000. CD Rom, 2000.
11. RUSSO, T.; VIEIRA, J. M. P., Estudos sobre tratamento de lixiviados de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. In: IX SILUBESA - Simpósio Lusobrasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro-Ba. 9 a 14 de abril 2000. CD Rom, 2000.
12. SEGATO, L. M.; SILVA, C. L., Caracterização do Lixiviado do Aterro Sanitário de Bauru. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000. Anais - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD rom, 2000.
13. TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGILI, S., Integrated solid wastemana gement: engineering principles and management issues. McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering. ISBN 0-07-063237-5, 1993.